

# KUIVAUSAJAN MERKITYS MÄNNYN SIITEPÖLYN LAATUUN



Ammattikorkeakoulun opinnäytetyö

Puutarhatalous

Lepaa, 10.11.2010

Mervi Örnmark



Puutarhatalous  
Lepaa

Työn nimi Kuivausajan merkitys männyn siitepölyn laatuun

Tekijä Mervi Örnmark

Ohjaava opettaja Matti Erkamo

Hyväksytty \_\_\_\_\_.\_\_\_\_\_.20\_\_\_\_\_

Hyväksyjä



LEPAA  
Puutarhatalous  
Kasvihuone- ja taimitarhatuotanto

<b>Tekijä</b>	Mervi Örnmark	<b>Vuosi</b> 2010
<b>Työn nimi</b>	Kuivausajan merkitys männyn siitepölyn laatuun	

## TIIVISTELMÄ

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on tutkia kuivausajan merkitystä männyn siitepölyn laatuun. Työn toimeksiantajana on Metsäntutkimuslaitoksen Haapastensyrjän toimipaikka, joka sijaitsee Lopen Läyliäisissä. Haapastensyrjä on metsänjalostuksen keskuspaikka Suomessa.

Teoriaosuudessa esitellään mäntyä kasvina, pluspuut ja jälkeläiskokeet sekä männyn jalostuksen nykytilanne. Lisäksi käsitellään metsäpuiden geenien säilytysmenetelmät, männyn sopeutuminen ilmastonmuutokseen ja työn tilaaja. Työn lähteinä ja aineistoina on käytetty aiheeseen liittyvää kirjallisuutta ja aiempia tutkimuksia.

Työn tarkoituksena on tutkia karistuksen ajankohdan merkitystä männyn siitepölyn laatuun. Työssä tutkittiin kymmenen eri kloonin siitepölyä. Siitepölyä tutkittiin viiden eri imurointiajan jälkeen. Siitepöly imuroitiin 0, 24, 48, 72 ja 96 karistamotunnin jälkeen. Verranne oli ulkona maastossa. Työssä seurattiin siitepölyn määrää ja kosteus- ja itävyysprosenttia.

Karistus on siemenen irrotusta kävyistä tai siitepölyn irrotusta hedekukista. Karistamo on paikka, jossa kuivatuksen ja mekaanisen käsittelyn avulla kävyistä irrotetaan siemen ja tehdään erilaisia jatkokäsittelyitä, kuten siipien pois hankaamista ja siementen varastointia. (Luukkanen 1969, 35.)

Tulokset merkitsevät käytännössä sitä, ettei siitepölyä voi seisottaa karistamolla viikonlopun yli. Karistus pitää tehdä oikeaan aikaan, muuten itävyysprosentti huononee. Yksi tutkimus ei antanut luotettavaa tulosta, koska tulokset olivat vaihtelevia ja itävyysprosentti oli melko heikko. Seuraavana keväänä tutkimustulokset saattaisivat olla aivan erilaiset, siksi tutkimusta olisi hyvä jatkaa ainakin 2-3 kevään ajan.

**Avainsanat** Metsäntutkimuslaitos, Haapastensyrjän toimipaikka, Mänty, Karistus, Siitepöly, Idätys

**Sivut** 27 s. + liitteet 8 s.

LEPAA  
Degree Programme in Horticulture

---

<b>Author</b>	Mervi Örnmark	<b>Year</b> 2010
<b>Subject of Bachelor's thesis</b>	The importance of drying time to the quality of Scots pine pollen	

---

ABSTRACT

The purpose of this thesis was to study the effect of drying time in Scots pine. The work was commissioned by the Forest Research Institute, Haapastensyrjä Unit. It is located in Loppi. Haapastensyrjä is a forest tree breeding centre in Finland.

The theory section presents Scots pine, plus trees, pine and forest genetic resources and the current situation of pine tree breeding. The work also discusses the adaptation to climate change and the commissioner. Theme related literature and previous studies were used as source material.

Extraction is an operation where seeds are removed from cones or pollen is removed from the male flowers. Drying and mechanical processing are done in extraction house. (Luukkanen 1969, 35.)

The purpose was to explore the seasonal importance to the quality of pine pollen. The pollen of ten different clones were selected. Pollen was vacuumed immediately, 24, 48, 72 and 96 hours after shaking. The control was out in the field. The amount of pollen and the percentage of humidity and germination were monitored.

In practice the results mean that the pollen cannot be kept in the shaking place over the weekend. The shaking must be done at the right time, otherwise the germination will decrease. The research should be continued, because the germination was rather poor. The next spring, research results might be different.

**Keywords** The Finnish Forest Research Institute, Haapastensyrjä Unit, Scots Pine, Extraction, Pollen, Germination

**Pages** 27 p. + 8 p.



## KIITOKSET

Haluan kiittää Metsäntutkimuslaitoksen henkilökuntaa, erityisesti Markku Saloa ja Merja Lahdenpäästä käytännön työstä ja neuvoista. Sirkku Pöykköä ja Matti Haapasta neuvoista ja näkemyksistä kirjallista työtä tehdessäni.

Kiitos Hämeen ammattikorkeakoulun henkilökunnalle, erityisesti Matti Erkamolle, Mona-Anitta Riihimäelle ja Pia Rupposelle.



## SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	1
2	MÄNTY .....	2
2.1	Pluspuut ja jälkeläiskokeet .....	3
2.2	Männyn jalostus .....	5
2.2.1	Jalostushyödyt .....	5
2.2.2	Jalostuksessa käytettäviä tekniikoita .....	6
2.3	Metsäpuiden geenivarat .....	8
2.4	Männyn sopeutuminen ilmaston lämpenemiseen .....	9
3	TYÖN TILAAJA .....	11
3.1	Perustamishistoria .....	11
3.2	Haapastensyrjän toimipaikka .....	12
4	AINEISTO JA MENETELMÄT .....	14
4.1	Kloonien valinta ja keräys .....	15
4.2	Hyötö ja karistus .....	16
4.3	Siitepölyn pulloitus ja siitepölyn määrä .....	18
4.4	Kosteusmittaus .....	18
4.5	Idätys ja pakastus .....	19
5	TULOKSET JA NIIDEN TARKASTELU .....	21
5.1	Siitepölyn määrä .....	21
5.2	Siitepölyn kosteus .....	21
5.3	Siitepölyn itävyys .....	22
5.4	Siitepölyn itävyys varastoinnin jälkeen .....	24
5.5	Tulokset 48 h jälkeen .....	24
6	JOHTOPÄÄTÖKSET .....	26
	LÄHTEET .....	27

Liite 1	Työnumerot
Liite 2	Kosteusmittarin mallikuitti
Liite 3	Siitepölyn idätysliuos
Liite 4	Siitepölyn määrä
Liite 5	Siitepölyn kosteus (%)
Liite 6	Siitepölyn itävyys (%)
Liite 7	Siitepölyn itävyys varastoinnin jälkeen (%)
Liite 8	Siitepöly oksien koko



## 1 JOHDANTO

Metsäpuiden jalostus on uutta toimintaa maa- ja puutarhatalouden kasvinjalostukseen sekä kotieläinten jalostukseen verrattaessa. Metsäpuiden jalostuksen ongelmana on puiden pitkäikäisyys. Se ei ole rajoite jalostuksen etenemisessä, vaan enemmänkin taloudellinen ongelma. Lisäksi tulosten siirtäminen on hidasta. (Mikola 2002, 154.) Mänty on ollut mukana metsänjalostuksessa 1940-luvulta lähtien. Jalostus on perustunut jälkeläistestihin. (Aronen 1996, 11.)

Suomessa luonnonvaraisena kasvaa vain yksi mänty *Pinus sylvestris*, kun laskutavasta riippuen koko maapallolla on sata mäntylajia. Mänty on ikivihreä puu. Suomessa kasvavan männyn latvus on leveä ja kartiomainen, runko puolestaan on pylväsmäinen. Nuorena rungon kaarna on ohutta ja punaruskeaa, vanhetessa se paksunee ja muuttuu väriltään tummanruskeaksi. Juuret sitovat puun tiukasti maahan ja usein männylle kehittyy vahva paalujuuri. (Mayes & Heikkinen 2008, 38.)

Siitepöly on siemenkasvien heteiden ponnelokeroissa syntyvä pölymäinen hiukkanen, joka on kasvin koiraspuolinen siitoselin. Siitepölyhiukkasen ollessa emin luotilla siitä työntyy siiteputki vartalon läpi sikiäimeen ja sen siemenaiheeseen. Siiteputken kaksi tumaa saa aikaan hedelmöityksen. (Rantala 1993, 821.)

Siitepölyn idättämistä tehdään, jotta saadaan selville siitepölyn laatu. Siitepölyä käytetään puiden risteytysten tekemiseen. Hyviä puita risteytetään keskenään ja pyritään jalostamaan parempia puita sukupolvesta toiseen. Paremmiin itävät siitepölyt hedelmöittävät emikukat paremmin. Näin ollen risteytysten siemensato on parempi. (Pöykkö, 2010.)

Työn tarkoituksena on tutkia kuivatusajan vaikutusta männyn siitepölyn laatuun. Kuivausajan vaikutusta männyn siitepölyn laatuun tutkittiin, koska kuivausaika on yksi siitepölyn keräysketjun tekijä, joka vaikuttaa siitepölyn laatuun. Oletuksena oli, että siitepöly ei säily karistamalla viikonlopun yli. Tämän vuoksi siitepölyn imurointia on tehty myös viikonloppuisin, joka aiheuttaa ylimääräisiä kustannuksia. Tarkoituksena oli määrittää kuinka kauan siitepöly säilyy karistamalla itämiskykyisenä. Siitepölyn itävyys vaihtelee vuosittain, luultavasti tämä riippuu ulkoisista tekijöistä.

Työssä imuroitiin siitepölyä, heti karistamolle siirron jälkeen, 24, 48, 72 ja 96 karistamotunnin jälkeen. Työssä seurattiin sekä siitepölyn määrää, että kosteus- ja itävyysprosenttia. Itävyysprosentti laskettiin mikroskoopilla kolmen vuorokauden kuluttua siitä, kun se oli laitettu itämään. Siitepöly varastoitiin pakkasvarastossa ja idätettiin heinäkuussa, jolloin laskettiin itävyysprosentti varastoinnin jälkeen.

## 2 MÄNTY

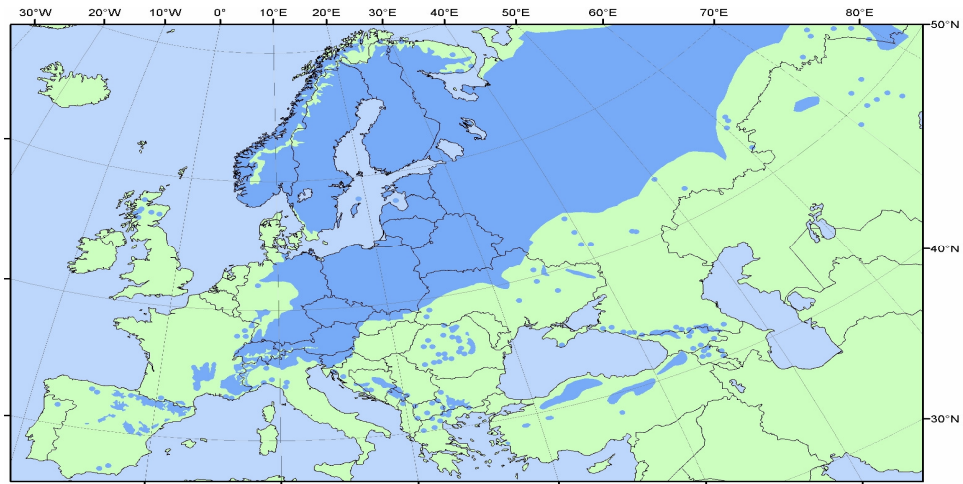
Mänty on yksikotinen puulaji, eli hede- ja emikukinnot ovat samassa yksilössä. Hedekukinnot ovat kellertäviä ja norkkomaisia. Ne sijaitsevat vuosikasvainten tyvipuolella ja kukinnan jälkeen heteet varisevat pois. Emikukinnot ovat punertavia, pystyjä, pieniä, lyhytperäisiä ja käpymäisiä. Ne sijaitsevat vuosikasvainten kärjessä yksitellen tai ryhmässä. Emikukinnoista muodostuu ensimmäisen kesän aikana pieni kellertävän harmaa käpy. Toisena kesänä se kasvaa täysikasvuiseksi ja muuttuu kellan-tai harmaanruskeaksi. Syksyyn mennessä siemenet kypsyvät. Siemenen tuleentuminen tapahtuu toisen kesän aikana, joten sääolot vaikuttavat suuresti siementen itävyyteen. Kolmantena keväänä kävyt aukenevat ja siemenet varisevat. (Metla 2010a.)

Männyn pölytys tapahtuu keväällä, kun siitepöly tarttuu siitereiästä tulevaan meteen. Pölytyksen jälkeen emit menevät kiinni ja auttavat siemenaiheen suojaamisessa. Siitepölyhiukkaseen koskettaessa siemenaiheen sikiäintä, tapahtuu itäminen. Tämän jälkeen siitepölyhiukkaseen muodostuu siiteputki. Sillä hetkellä ei ole vielä tapahtunut solujakautumista eli meioosia. Noin kuukausi pölyttymisen jälkeen neljä siemenaihetta on valmistunut, joista vain yksi kehittyy alkiorakoksi. Alkiorakon kehittyminen on hidasta. Yleensä se alkaa vasta kuuden kuukauden kuluttua pölyttymisestä. Se saattaa vaatia vielä toiset kuusi kuukautta valmistuakseen. (Raven, Evert & Eichhorn 1992, 367) Männyllä siitepölyn itävyys ja siiteputken kasvu ovat hitaampaa kuin muilla paljassiemenisillä. Männyn siitepölyn aineenvaihdunta ja kasvu ovat alhaisemmat. (Parantainen & Paasonen 2004, 200.)

Vuositasolla hedekukissa syntyy eri määrä siitepölyä. Siitepölyn ja kääpiöversojen määrä riippuu edellisen vuoden kasvuedellytyksistä, kuten lämpötilasta. (Jalkanen, Hicks, Aalto & Salminen 2008, 240–241.)

Männyn levinneisyys on melko laaja, Pyreneiltä Balkanin niemimaan ja Italian pohjoisosien vuoristoista Etelä-Lappiin. Leveänä vyöhykkeenä Siperiasta Kaukoitään Magadaniin saakka (Kuva 1). Mänty viihtyy kuivissa, tuoreissa, niukka- tai runsasravinteisissa kangasmetsissä ja rämeillä sekä kallioilla. (Väre & Kiuru 2006, 20–21.)

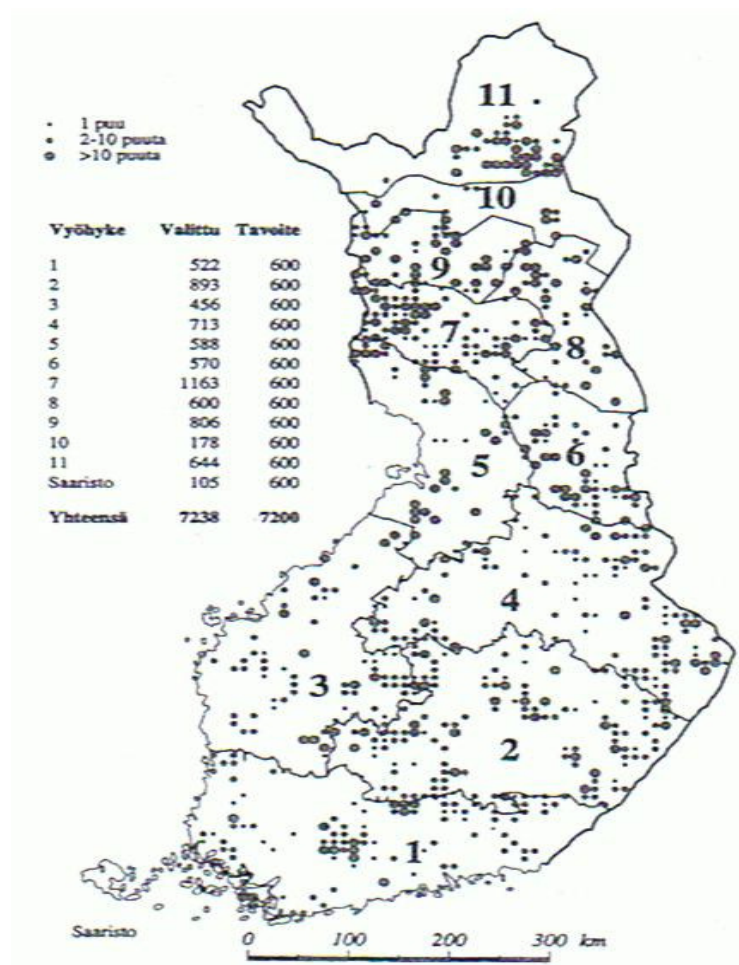




Kuva 1. Männyn levinneisyys. (Metla 2010b.)

### 2.1 Pluspuut ja jälkeläiskokeet

Pluspuiden valinta aloitettiin Punkaharjulla vuonna 1947. Suurin osa pääaineistosta oli valittu 1960-luvun loppuun mennessä. Vähäisiä alueellisia täydennyksiä tehtiin vielä 1980-luvun aikana. Suomi oli jaettu yhteentoista jalostusvyöhykkeeseen (Kuva 2). Nykyisessä jalostusohjelmassa Suomi on jaettu kuuteen kohdealueeseen. (Pöykkö, 2010) Pluspuut vartetaan kloonikokoelmiin tai siemenviljelyksiin tai otetaan suoraan kerättyä vapaapölytyssiementä. (Häggman & Oksa 1999, 15) Metsänjalostuksen lähtöaineistoksi etsittiin nopeakasvuisia ja hyvälaatuisia pluspuita, joita oli tarkoitus käyttää ensisijaisesti metsäpuiden siemenviljelysten perustamisessa. (Tyystjärvi 1998, 24) Pöykön (2010) mukaan metsistä on valittu erilaisia kantapuita eri tarkoituksiin. Pluspuu on yksi luokka kantapuiden joukosta. Pluspuu on jalostuksen tarpeisiin valittu hyvä puu, joka eroaa ympäristöstään kasvunsa tai laatunsa perusteella. Perinnölliset ominaisuudet tulevat esille jälkeläiskokeissa. Huonot kloonit voidaan poistaa koetulosten perusteella jalostusohjelmasta. (Häggman & Oksa 1999, 18.)



Kuva 2. Männyn pluspuut jalostusvyöhykeittäin. (Häggman & Oksa 1999, 16.)

Vuonna 1975 valmistuneessa jälkeläiskokeen testausohjelmassa asetettiin tavoitteeksi, että jokaisen puun jälkeläistöt olisivat kasvamassa koeviljelyksissä vähintään neljällä paikkakunnalla. Kenttä- ja testaustarhakokeita kutsutaan koeviljelykseksi. Jälkeläiskokeista saatuja tietoja alettiin työstää 1990-luvun vaihteessa. Testausrekisterissä pluspuut voidaan laittaa paremmuusjärjestykseen jalostusarvon mukaan toistuvaa valintaa varten. Metsägeneettisissä tutkimuksissa voidaan tarvita niin hyviksi, keskinkertaisiksi kuin huonoiksikin luokiteltuja puita. Uusiin siemenviljelyksiin ja jalostuspopulaatioihin pyritään löytämään kaikista parhaimmat puut. (Häggman & Oksa 1999, 15–16.)

Siemenviljelysten ansiosta Etelä-Suomessa on tarjolla geneettisesti vaihteleva ja fysiologisesti elinvoimainen mäntykanta, jonka siemenmateriaali on suuri-kokoista. Siemenviljelyssiemen on pituuskasvultaan ja elävyydeltään 10 % suurempaa kuin metsikkösiemen. (Häggman & Oksa 1999, 18.)

## 2.2 Männyn jalostus

Metsänjalostuksen menetelmät ja periaatteet ovat samat kuin muussakin jalostuksessa. Ensin etsitään ja kerätään luonnonmetsien paras perintöaines, jonka jälkeen perintötekijöitä rikastetaan valinnan, risteyttämisen ja testauksen kautta. Tämä sukupolvesta toiseen toistettava toimenpidesarja on jalostuskierto eli jalostussykli. (Haapanen & Mikola 2007, 8.)

Metsäjalostustoiminta katsotaan alkaneen Suomessa vuonna 1947, kun Metsäpuiden rodunjalostussäätiö, josta myöhemmin tuli Metsänjalostussäätiö, perustettiin. Metsäpuiden rodunjalostussäätiö aloitti työn hyvänlaatuisten siemenkeräysmetsien ja luonnonmetsien parhaiden puuyksilöiden etsimiseksi sekä niiden perintöainesten käyttöön ottamisen jalostuksessa. (Haapanen & Mikola 2007, 10.)

Kasvinjalostustyön keskeisiä vaiheita ovat puiden valinta ja risteyttäminen sekä jalostusaineistojen testaus koeviljelyksissä ja jalostustulosten siirtäminen käytäntöön, esimerkiksi siemenviljelysten kautta. (Metla 2010c) Resistenssi- eli kestävyysjalostusta on tehty kovin vähän. (Kantola, Leikola, Parviainen & Sipilä 2000, 70.)

Tärkeimmät jalostettavat ominaisuudet metsäpuilla ovat ulkoinen laatu, runkopuun tuotos ja viljelyvarmuus. Valintakriteereinä käytetään rungon muotoa ja kokoa, oksien paksuutta ja oksakulmaa. Lisäksi erityisesti Pohjois-Suomessa on valintakriteerinä puun yleinen terveydentila ja elossapysyminen. Metsäpuiden jalostusarvojen määrittäminen ja siihen perustuva valinta tehdään puiden kiertoajasta katsottuna nuorena, 10–15 vuoden ikäisten jälkeläis- ja kloonikokeiden mukaan. Jälkeläis- ja kloonikokeissa puiden tuotoskyky arvioidaan lähinnä läpimitan ja pituuden perusteella. Aistinvaraisesta arvioinnista arvioidaan silmävaraisesti rungon ulkoinen laatu saha- tai vaneripuukäyttöä varten. Tutkimuksissa on huomattu laajaa perinnöllistä vaihtelua puun tiheydessä ja kuitupituudessa sekä lahonkestävyydessä. (Metla 2010d.)

### 2.2.1 Jalostushyödyt

Männyn jalostus on edennyt vakaasti. Uudessa jalostusohjelmassa, Metsänjalostus 2050, on määritetty kuusi jalostuspopulaatiota, jotka kattavat kaikki Suomen ilmasto-olojen vaihtelut. Jalostusohjelman tärkeä tavoite on saada toinen jalostuskierto päätökseen viimeistään toisen polven siemenviljelysten tullessa ajankohtaiseksi 2040-luvulla. (Haapanen & Mikola 2007, 24; Metla 2010e.)

Metsänjalostuksen jalostushyödyt tulevat metsätalouden hyödyksi metsänviljelyn kautta. Jalostustyön tarkoitus on jalostushyötyjen saavuttaminen ja niiden siirtäminen pikimmiten metsänviljelyyn suvullisen lisäyksen tai kasvulisenlisäyksen kautta. (Haapanen & Mikola 2007, 19.)

Tällä hetkellä jalostettu männyn siemen tuotetaan 1960- ja 1970-luvuilla perustetuista ensimmäisen polven siemenviljelyksistä. Siemenviljelyssiemenellä on tehty 50–70 % männyn taimitarhakylvöistä ja metsäistutuksista 1980-luvun puolesta välistä lähtien. Viimeiset 15 vuotta on lähes kokonaan käytetty jalostettua siementä Etelä- ja Keski-Suomen metsänviljelystaimien tuotannossa. (Haapanen & Mikola 2007, 11.)

Metsäntutkimuslaitoksen kenttäkokeissa on selvitetty männyn jalostushyötyjä. Jalostushyöty tarkoittaa valinnalla aikaansaatua muutosta jalostettavan ominaisuuden keskiarvossa, joka on seurausta ominaisuuteen vaikuttavien perintötekijöiden muuttumisesta. (Haapanen & Mikola 2007, 16) Jalostushyötyjä on laskettu vertaamalla metsikkösiemenestä, siemenviljelyssiemenestä ja pluspuiden risteytyssemenestä kasvaneita puita samoilla kasvupaikoilla. Mitäustuloksia on saatu 10–20 vuoden ikäisistä koeviljelyksistä. Siemenerien välillä on näkyvissä selviä eroja laadussa ja kasvunopeudessa. Siemenviljelysjälkeläisillä rungon tilavuuskasvu on noin 20 % parempi kuin metsikkösiemenillä. Tulos on saatu vapaapölytyksen tuloksena syntyneistä siemeneristä, joissa siemenviljelyksen taustapölytyksen jalostusastetta laskeva vaikutus on mukana. Elinvoimaisuus ja elävyys ovat siemenviljelyssiemenillä parempi kuin metsikkösiemenillä. (Metla 2010e.)

## 2.2.2 Jalostuksessa käytettäviä tekniikoita

Bio- ja geenitekniikka tarjoavat lupauksia metsänjalostuksen nopeuttamisesta ja täsmentämisestä. Metsäpuiden tutkimukset ovat jäljessä muiden tuotantokasvien tutkimuksista, sillä metsätaloustuotannossa aikaväli on pitkä. Hyötyjä tarkastellaan vasta tulevaisuudessa. Tämä on rajoittanut yksityisen sektorin tutkimuksia ja mielenkiintoa investoida välineisiin. Puuvartiset kasvit, erityisesti havupuut, ovat bio- ja geenitekniikan kannalta vaikeita kohteita. Havupuut ovat luultavasti hankalin ja vähiten tutkittu ryhmä. Viljelykasveina metsäpuut ovat luonnonkasveja ja lukemattomien vuorovaikutukseltaan huonosti tunnettujen kasvi-, eläin- ja pieneliölajien muodostamien ekosysteemien jäseniä. Suuret ja äkilliset muutokset metsäpuiden ekosysteemeissä voivat muuttaa metsäekosysteemin herkkää tasapainoa. (Mikola 2002, 154–155.)

Modernista biotieteestä ei Mikolan (2002, 154–155) mukaan kannata odottaa nopeaa tai käännteentekevää ratkaisua metsänjalostuksen ja metsätalouden ongelmiin. Taloudelliset syyt nousevat jalostussovelluksissa useimmiten ensimmäiseksi esteeksi. Paineet metsänviljelyn ja puuntuotannon kustannusten alentamiseksi ovat nousseet ja uudet tekniikat luultavasti osoittautuvat kalliiksi metsäviljelyn kehittämisessä ja tuottamisessa. Metsäpuiden bio- ja geenitekniikan tutkimuksen ja käytännön sovellusten välinen ero on kasvamassa.

Bioteekniikka on mikä tahansa tekniikka, jossa käytetään eläviä organismeja tai niiden osia tuottamaan tai muokkaamaan erilaisia tuotteita. Geenitekniikka on uusin bioteekniikan sovellus. Geenitekniikassa elävän organismin perimää muuttamalla pyritään parantamaan sen ominaisuuksia. Kasvigeenitekniikassa

kasvien perimää pyritään muokkaamaan, jotta ne kestäisivät paremmin tuho-  
laisia ja tauteja sekä vallitsevia ympäristöoloja. (Somersalo 1998, 10.)

Metsäpuiden biotekniikkaan liittyy puiden solukkoviljely, materiaalin säilytys  
syväjäädätyksessä ja geenitekniikan menetelmät. (Aronen 2002, 131) Män-  
nylle biotekniikan sovelluksista soveltuu biotekninen solukkoviljely, joka on  
kasvullinen monistusmenetelmä. Solukkoviljelyyn perustuva mikrolisäyksen  
laboratorio-osio on käsityötä ja sen jälkeen taimituotanto tapahtuu kasvatus-  
vaiheella. Kasvatusvaihe vastaa siementaimikasvatuksen tuotantoketjua.  
Männyn solukkoviljely on käytännössä mahdollista, mutta vain nuorta lähtö-  
materiaalia käytettäessä. Mikrolisäyksen yhteydessä männyllä on saatu aikaan  
hyvin suurta kukinnan aikaistumista. Tälle on kuitenkin vaikeaa hahmottaa  
sovelluksia käytännön jalostuksessa. (Mikola 2002, 156.)

Kasvullisista tekniikoista pistokaslisäystä voidaan tehostaa biotekniikan avul-  
la käyttämällä agrobakteereja, kasvihormonikäsittelyitä tai mykoritsasienien  
apua juurrutuksessa. Geenitekniikka sisältää eri ominaisuuksiin vaikuttavien  
perintötekijöiden tunnistamisen ja eristämisen, toimintatavan tutkimisen ja  
mahdollisen muokkaamisen. (Aronen 2002, 131.)

Männyn kasvullinen lisäys onnistuu toistaiseksi paremmin perinteisen pisto-  
kas- tai varttamisliisästekniikalla kuin bioteknisen mikrolisäyksen avulla.  
(Mikola 2002, 156) Kasvullinen lisäys männyllä on vaikeaa. Vanhoja puita  
voidaan lisätä vain varttamalla. Oksapistokkaista voidaan lisätä nuoria taimia,  
mutta niiden juurtumisprosentti on enintään 20. (Metla 2010a.)

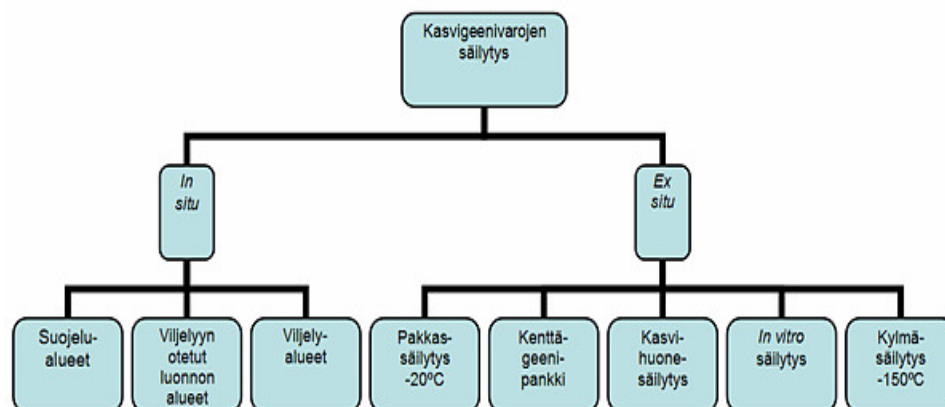
Kasvullisessa lisäyksessä tärkein toive liittyy havupuiden kasvulliseen alkioi-  
den tuottamiseen. Niin sanotun tekosiemenen tuottaminen avaa lupaavia  
mahdollisuuksia kasvullisen monistuksen automatisointiin ja tehostamiseen  
organogeneesiin perustuvaan mikrolisäykseen verrattuna. Sekä geenisiirtojen  
soveltaminen jalostukseen että biotekniikan sovellukset, kuten solufuusio tai  
soluhybridisaatio, edellyttäisivät solutason mikrolisästekniikan hallintaa.  
(Mikola 2002, 158.)

Biotekniikan haasteita ovat kasvullisen monistuksen kehittäminen käytännön  
taimituotantoon, jossa laboratoriovaihe on pitkälle automatisoitu. Solutason  
viljelytekniikat voisivat antaa uusia mahdollisuuksia kasvulliseen massa-  
monistukseen ja muihin bio- ja geenitekniikoiden sovelluksiin. Haploidisolu-  
jen viljely ja solujen fuusiointi eli somaattinen hybridisaatio tarjoaisivat peri-  
aatteessa nopean sekä tehokkaan vaihtoehdon risteyttämiselle. Tärkein jalos-  
tuksen haaste biotekniikalle olisi aikuisten havupuiden fysiologinen nuoren-  
taminen, jossa vanhojen puiden solukot saataisiin virkistettyä kasvulliseen  
kloonimonistukseen sopiviksi. (Mikola 2002, 159- 160.)

## 2.3 Metsäpuiden geenivarat

Sahramaan ja Hömmön (2004) mukaan metsäpuiden geenivaralla tarkoitetaan metsäpuita, niiden eri lajeja, kantoja ja yksilöitä. Kaikki DNA:ta sisältävä elävä materiaali, kuten siitepöly, kasvinosat ja solukot, ovat geeniaineesta. Geenivarat ovat osa arvokasta suomalaista kulttuuriperintöä, jonka suojelun tavoitteena on turvata perinnöllisen muuntelun saatavuus tutkimukselle ja kasvinjalostukselle. Pohjoismainen yhteistyö on keskeisessä roolissa Suomen geenivarojen suojelussa, koska viljelykasvien geenipankki (NGB) perustettiin Ruotsiin 1979. Geenipankit ovat Pohjoismaisen ministeriön alaisia.

Metsäpuiden geenivarojen suojelussa turvataan lajin ja metsiköiden kyky sopeutua ympäristössä tapahtuviin muutoksiin. Pää tarkoituksena on turvata, että metsikön sisällä on riittävästi perinnöllistä muuntelua ja mahdollisimman suuri osa muuntelusta siirtyy tulevaan sukupolveen. Geenivarojen suojelussa on kaksi päälinjaa (Kuva 3.). Suojelu alkuperäisellä kasvupaikalla eli *in situ* ja suojelu erikseen perustetuissa kokoelmissa, alkuperäisen kasvupaikan ulkopuolella eli *ex situ*. (Geenivarat monimuotoisuuden turvaajina 2005, 6-7.)



Kuva 3. Kasvigeenivarojen säilytys. (MTT 2008.)

*In situ*-menetelmä eli geenireservimetsä on elävä geenipankki, joka saa kehittyä evoluution mukaan. Pääpuulajit mänty, kuusi sekä hies- ja rauduskoivu ovat levinneet laajalle ja niiden levinneisyysalue on yhtenäinen. Yleensä sisältävät runsaasti perinnöllistä muuntelua metsikön sisällä. Suurin osa Suomen geenireservimetsistä on Metsähallituksen tai Metsäntutkimuslaitoksen mailla. Geenireservimetsiä uudistetaan pääsääntöisesti luontaisesti. (Geenivarat monimuotoisuuden turvaajina 2005, 6-7.)

*Ex situ*-säilytys eli geenivarakokoelmat sisältävät harvinaisemmat puulajit kuten jalot lehtipuut. Nämä esiintyvät Suomessa vain yksittäispuina tai pieninä metsikköinä. Näillä lajeilla geenien kulkeutuminen metsiköstä toiseen on vähäistä. Ympäristö ei ole suotuisa, joten vain osa metsikön puista kukkii ja siemensadot ovat harvinaisia. Näiden geneettistä monimuotoisuutta suojellaan

keräämällä aineistoa useista paikoista, joita hoidetaan intensiivisesti. Kokoelempiin ei pyritä keräämään valikoitua puuta, vaan satunnaisotoksia kunkin lajin perimästä Suomen levinneisyysasteella. (Geenivarat monimuotoisuuden turvaajina 2005, 6-7.)

## 2.4 Männyn sopeutuminen ilmaston lämpenemiseen

Tahvosen, Kaukorannan ja Ylämäen (2010, 5) mukaan Suomen ilmasto tulee muuttumaan 2040-luvulle tultaessa merkittävästi. Talvet tulevat olemaan vähälumisia tai lumettomia Etelä-Suomessa, jopa Keski-Suomessa. Keväät ja kesät ovat kuivempia ja hieman lämpimämpiä. Loppukesän ja syksyn sateisuus lisääntyy.

Etelästä Suomeen kulkeutunut siitepöly saattaa auttaa mäntyä sopeutumaan ilmastomuutokseen. Ilmastoennusteiden mukaan Suomen keskilämpötila saattaa nousta jopa seitsemän astetta vuosisadan loppuun mennessä. Lämpötilan nopea nouseminen on haaste pohjoisen karuissa olosuhteissa kasvaneille männyille. Metsäntutkimuslaitoksen tutkija Saira Variksen (2010, 3-8) mielestä mänty voi sopeutua nopeasti ilmastomuutokseen etelästä pohjoiseen kulkeutuvan siitepölyn avulla. Lämpötilan muutoksella voi olla tärkeä merkitys uudistuvaan kiertoön ja puulajien selviytymiseen, koska erityisesti talvi ja aikainen kevät ovat ääriämpötiloja. Kukkasilmut ovat haavoittuvaisempia lämpötilan vaihteluille kuin kasvulliset silmut.

Suotuisten ilmavirtauksien myötä männyn siitepöly voi kulkeutua nopeasti satoja kilometrejä. Männyn siitepölyaikaan tavallisesti ilmavirtauksien suunta on länsi, kaakko ja lounas. Männyn siitepölyn arvellaan tulevan näistä ilmansuunnista, jopa Suomen rajojen ulkopuolelta. Siitepölykausi kestää puolesta päivästä useaan vuorokauteen. Siitepölykauden pituus riippuu sääoloista. Etelästä tuleva siitepölyn apu pohjoisen männyille perustuu geenivirtaukseen. Geenit ohjaavat puiden sopeutumista kasvupaikalle tyypillisessä lämpötilassa. Puilla on geenit, jotka periytyvät isältä ja äidiltä. Jälkeläisten kautta puut sopeutuvat nykyistä lämpimämpään ilmastoon. Eteläisen siitepölyn on kestävä matka itämiskykyisenä ja lisäksi sen on selvittävä kilpailussa paikallisen siitepölyn kanssa. Variksen mukaan, mitä kauempaa siitepöly tulee, sitä huonommin se todennäköisesti itää. Kaukokulkeutuneen männyn siitepölyn osa voi olla suuri riippuen määrästä ja laadusta sekä siitä kuinka kilpailukykyistä se on paikalliseen siitepölyyn verrattaessa. Kaukokulkeutunut siitepöly on kantautunut yli sadan kilometrin päästä. (Puukila 2010, 30–31.)

Savolaisen, Hurmeen ja Revon (n.d., 1) mukaan geneettinen muuntelu on välttämätöntä sopeutumista uusiin olosuhteisiin. Eri olosuhteissa geneettinen muuntelu on välttämätöntä kehityksen ja pysyvyyden kannalta. Geneettisestä muuntelusta tiedetään todella vähän.

Metsäntutkimuslaitoksen 2050-pitkän aikavälin metsänjalostusohjelman (Haapanen & Mikola 2007, 37) mukaan perinnöllisesti kotimaiset metsäpuut

pystyvät sopeutumaan muuttuvaan ilmastoon. Tämä ei kuitenkaan tapahdu luonnossa tarpeeksi nopeasti. Valintajalostuksen kautta sopeutumista voidaan nopeuttaa ja varmistaa tuotantokyvyn säilyminen tulevaisuudessakin.

Metsien levinneisyys ja kehittyminen on riippuvainen ilmastosta. Metsä-ekosysteemi, puiden syntyminen, kasvu ja kuolema ovat kytkeytyneet tiukasti ilmastoon. Erityisesti auringon energia ja säatekijät, muun muassa säteily, lämpö, tuuli ja sade ohjaavat ja ylläpitävät ravinteiden- ja vedenkiertoa sekä energian sitoutumista. Fotosynteesi eli yhteyttäminen on keskeisessä asemassa, kun puut sitovat ilmakehän hiilidioksidia elintoimintojen raaka-aineeksi ja energianlähteeksi. Säatekijät vaikuttavat yhteyttämisen nopeuteen. Ilmakehän hiilidioksidipitoisuuden nouseminen ja ilmaston lämpeneminen voivat muuttaa puiden sopeutumista muuttuvassa olosuhteessa. Lämpötila vaikuttaa fotosynteesiin, respiraatioon eli hengitykseen ja kasvun nopeuteen. Tämän vuoksi ilmaston lämpeneminen vaikuttaa suoraan metsäekosysteemiin. (Kellomäki & Peltola n.d., 52.)



### 3 TYÖN TILAAJA

Metsäntutkimuslaitos, METLA on maa- ja metsätalousministeriön alaisuudessa toimiva valtion sektoritutkimuslaitos. Se rakentaa metsäalan tulevaisuutta tuottamalla ja välittämällä tietoa ja osaamista yhteiskunnan parhaaksi. Metsäntutkimuslaitos on vaikuttava, asiakkaiden tarpeet ennakoiva metsien kestävä käytön kansainvälinen ja kansallinen asiantuntija. Metsäntutkimuslaitoksen tehtävänä on edistää tutkimuksen tavoin metsien taloudellista, ekologista ja sosiaalista kestävä hoitoa ja käyttöä. (Metla 2010f.)

Kenttäkokeet ovat tärkeitä metsäntutkimuksessa. Kenttäkokeissa eri tekijöiden vaikutuksia voidaan seurata vuosikymmenien ajan. Tutkimusmetsät mahdollistavat pitkien aikavälien kokeiden perustamisen ja hoidon sekä metsien tutkimusta palvelevan metsien käsittelyn, joka poikkeaa tavallisista metsänhoitomenetelmistä. (Metla 2010g.)

#### 3.1 Perustamishistoria

Sodan aikana Suomen energiahuolto käytti paljon puita, muun muassa lämmityskattiloissa ja autojen häkäpöntöissä. Sodan loputtua metsien uhkaksi nousivat raskaat sotakorvaukset ja laajat jälleenrakennukset, joissa puu oli tärkeimpänä raaka-aineena. Metsien kasvun lisäämiseksi kaikki keinot olivat tarpeen. Ennen sotia oli maataloudessa kehitetty uusia satoisampia lajikkeita, nousi ajatus parantaa puiden kasvua ja laatua rodunjalostuksella. Metsähallituksen silloinen johtaja N.A. Osara ja Metsäntutkimuslaitoksen eli silloisen metsätieteellisen tutkimuslaitoksen johtaja O. Heikinheimo aloittivat asian ajamisen. Ruotsista kopioitiin organisaatiomalli, tehtävän toteuttamiseksi päätettiin perustaa Metsäpuiden rodunjalostussäätiö- Stiftelsen för rasförädling av skogsträd. (Tyystjärvi 1998, 11–12.)

Metsäpuiden rodunjalostussäätiön, josta myöhemmin tuli Metsänjalostussäätiö, toiminta alussa painottui jalostuksen perusaineiston, siemenkeräysmetsikköiden ja pluspuiden valintaan. Siemenhuolto perustui metsäalan organisaatioiden yhteistyöhön, tätä toteutettiin Maa- ja metsätalousministeriön toimeksiannosta kymmenvuotisohjelman perusteella. Toteuttamiseen osallistui Metsäntutkimuslaitos, Metsänjalostussäätiö, Metsähallitus ja yksityismetsätalouden neuvonta- ja valvontaorganisaatiot. Tämän vuosituhannen alussa metsänjalostus keskitettiin Metsäntutkimuslaitokselle, jonka seurauksena Metsäntutkimussäätiön henkilökunta, jalostustoiminnot ja suuri osa omaisuudesta siirrettiin Metsäntutkimuslaitokseen. (Metla 2010h.)

### 3.2 Haapastensyrjän toimipaikka

Haapastensyrjän toimipaikka on metsänjalostuksen keskuspaikka Suomessa. Se sijaitsee Etelä-Hämeessä, Lopella. Jalostusasema perustettiin 1960, kun Osuuspankkijärjestö luovutti Haapastensyrjän maatilán Metsäntutkimussäätiön käyttöön 50 vuodeksi. Haapastensyrjä siirtyi Metsäntutkimuslaitokselle vuonna 2000 jalostustoiminnan siirtyessä Metsäntutkimuslaitokselle. (Metla 2010i.)

Haapastensyrjän toimipaikan keskeiset tavoitteet ovat perinteinen metsäpuiden jalostustyö ja uusien menetelmien kehittäminen. Jalostustyön vaiheita ovat puiden valinta, risteyttäminen ja valittujen koepuiden jälkeläisten testaus koeviljelyssä. Kehittämistyön tavoitteet ovat jalostustyön nopeuttaminen, siementuotannon lisääminen ja kasvullisen lisäyksen menetelmien tehostaminen. Haapastensyrjän tärkeimmät jalostettavat puulajit ovat mänty, kuusi ja rauduskoivu sekä haapaa, leppää, lehtikuusta ja visakoivua on jalostettu. Jalostuksella pyritään parantamaan puiden kasvua, laatua ja viljelyvarmuutta (Metla 2010i.)

Haapastensyrjän rotupuistoon on istutettu puiden erikoismuotoja 1960-luvulta lähtien (Kuva 4). Rotupuiston rakentamisesta ja suunnittelusta vastasi puutarha-arkkitehti Onni Savonlahti. Suunnittelussa huomioitiin suunnittelualueen luonnolliset muodot. Istuksessa isoiksi kasvavat puut istutettiin korkeimmille paikoille kauimmas käytävistä ja kääpiökasvuiset lähelle käytäviä. Jokaisesta erikoismuodosta tehtiin oma tiivis ryhmä. Ryhmiä on myöhemmin harvennettu ja huonosti menestyneitä ryhmiä on kokonaan poistettu. (Tyystjärvi 1998, 62- 64.)



Kuva 4. Kultakuusia Haapastensyrjän rotupuistossa.

Rotupuiston tarkoitus oli säilyttää ja näyttää metsäluonnon monimuotoisuutta. Lisäksi sen tarkoitus oli tuottaa kaupalliseen lisäykseen uusia koristepuiden muotoja, tosin monet erikoismuodot ovat vaikeasti lisättävissä. (Tyystjärvi 1998, 64–66.)

#### 4 AINEISTO JA MENETELMÄT

Aineisto kerättiin tiistaina 25.5.2010 Metlan Haapastensyrjän toimipaikan taimitarha-alueelta kokoelmasta 170. Kokoelma on tietty alue, jossa säilytetään eri puulajien klooneja. Työn tarkoituksena oli tutkia karistuksen merkitystä männyn siitepölyn laatuun. Tutkimuksessa havainnoitiin karistusaikaa, siitepölyn määrää, kosteus- ja itävyysprosenttia.

Männyn siitepölyn keräämiseen on monta erilaista tapaa. Eristysmenetelmässä eristetään hedekukinnot ennen pölyn irtoamista paperipussilla. Tämän jälkeen siitepöly imuroidaan pussista sisätiloissa. Vartteen hedekukinnoista voidaan imuroida suoraan siitepölyä, hedekukintoja poistamatta ja eristämättä. Hyötömenetelmää käytettäessä hedekukinto-oksat katkaistaan ja viedään sisätiloihin siitepölyn irtoamisen kannalta optimiolosuhteisiin. Poimintamenetelmässä hedekukinnot kerätään oksista ennen siitepölyn irtoamista, jonka jälkeen kuivatus ja imurointi tapahtuvat sisätiloissa. (Kinnunen 1994, 2.)

Tutkimustyö tehtiin pienellä aikavälillä, toukokuun lopun ja kesäkuun alun välillä. Heinäkuun lopussa siitepölyt otettiin kahdessa erässä varastosta ja idätettiin. Näin saatiin itävyysprosentti varastoinnin jälkeen. Taulukossa 1 on tutkimuspäiväkirja, josta ilmenee päivä ja tehdyt työt.

Taulukko 1. Tutkimuspäiväkirja, josta ilmenee päivä ja tehdyt toimenpiteet. Tehtyjä toimenpiteitä oli muun muassa siitepölyyksien valinta ja keruu, siitepölyn imurointi, pullotus ja itävyyksien laitto.

Päivä	Toimenpide
25.5.2010	Siitepölyyksien valitseminen, merkitseminen, keruu ja pussittaminen. Siitepölyyksien siirto hallille hyötöön. Verranteiden eristys.
26.5.2010	Siitepölyyksien siirto karistamolle. Siitepölyn imurointi, määrän mittaus ja pullotus. Kosteusprosentin mittaus ja itämään laitto. Siitepölyn varastointi.
27.5.2010	Siitepölyn imurointi, määrän mittaus ja pullotus. Kosteusprosentin mittaus ja itämään laitto. Siitepölyn varastointi.
28.5.2010	Siitepölyn imurointi, määrän mittaus ja pullotus. Kosteusprosentin mittaus ja itämään laitto. Siitepölyn varastointi.
29.5.2010	Siitepölyn imurointi, määrän mittaus ja pullotus. Kosteusprosentin mittaus ja itämään laitto. Siitepölyn varastointi.
30.5.2010	Ensimmäisten siitepölyjen itävyysprosentin laskenta. Siitepölyn imurointi, määrän mittaus ja pullotus. Kosteusprosentin mittaus ja itämään laitto. Siitepölyn varastointi.
31.5.2010	Itävyysprosentin laskenta. Verranteen nouto maastosta. Siitepölyn imurointi, määrän mittaus ja pullotus. Kosteusprosentin mittaus ja itämään laitto. Siitepölyn varastointi.
1.6.2010	Itävyysprosentin laskenta.
2.6.2010	Itävyysprosentin laskenta.
19.7.2010	Siitepölyjen varastosta otto ja itämään laitto.
20.7.2010	Siitepölyjen varastosta otto ja itämään laitto.
22.7.2010	Itävyyksien laskenta.
23.7.2010	Itävyyksien laskenta.

### 4.1 Kloonien valinta ja keräys

Kloonit valittiin kokoelmasta 170, joka sijaitsee Haapastensyrjän toimipisteen taimitarha-alueella. Kloonit valittiin ulkonäön ja kukinnan vaiheen mukaan.

Kokoelma 170 on perustettu vuonna 1994 Lopen Läyliäisiin, Haapastensyrjän jalostustarhaan. Puulajina on mänty ja taimityyppinä paakkuvarte. Maalajina on hiesu ja kasvuturve, maanpinta käsiteltiin harjakynnöllä ennen istuttamista. Kokoelmaan istutettiin 263 kappaletta puita, alueen pinta-ala on 0,25 hehtaaria. Klooneja kokoelmassa on 29 kappaletta. Kokoelman tarkoitus on olla avomaavertailu saman aineiston muovihuonesiemenviljelykselle, joka istutettiin keväällä 1995.

Opinnäytetyötä varten valittiin kymmenen kloonia ja ne numeroitiin juoksevasti työnumeroin yhdestä kymmeneen (Liite 1). Tutkimus tehtiin hyötömenetelmällä, jossa jokaisesta kloonista kerättiin kaksi siitepölyyksä, jotka oli-

vat noin yhden metrin mittaiset. Siitepölyksiin laitettiin nimisäle, jossa oli klooninumero. Oksat pakattiin paperipusseihin. Paperipussin suu suljettiin tiukasti narulla, jotta oksat pysyisivät pussin sisällä. Tämän jälkeen oksat kuljetettiin hyötöön sisätilaan. Koivusen (2003, 201) mukaan hyötö on kasvien kukkimisen tai silmujen puhkeamisen nopeuttamista lämpötilan avulla.

Verranne tehtiin eristysmenetelmällä, jossa valittuihin kloonipuihin laitettiin kaksi paperipussia ja kaksi kuitupussia siitepölyn keräystä varten (Kuva 5). Mäntyihin kiivettiin A-tikkailla ja laitettiin pussi hyvään satunnaisesti valittuun oksaan. Oksa laitettiin pussin sisälle ja pussin suulle laitettiin superlon eristeeksi ja pussin suu suljettiin rautalangalla. Verranteen siitepölyt imuroitiin kaikki kerralla.



Kuva 5. Männyn siitepölyn eristysmenetelmä, jossa hedekukinnot eritetään hyvissä ajoin ennen kukintaa. Vasemmalla kuvassa on kuitupussi ja oikealla paperipussi.

### 4.2 Hyötö ja karistus

Siitepölyoksien hyötö suoritettiin hyötöön tarkoitettuun hallissa, jonka lämpötila pidettiin + 27–28 asteessa. Siitepölypusseja pidettiin hallissa vesisaavissa yksi vuorokausi, jonka jälkeen ne siirrettiin karistamolle (Kuva 6). Karistamo on kuiva ja lämmin paikka. Karistuksessa siitepöly irrotettiin oksista pusseja ravistamalla.





Kuva 6. Siitepölyoksien hyötö hallissa.

Karistamalla siitepölypusseista, joissa oli oksat sisällä imuroitiin siitepölyä aamupäivittäin pieni määrä. Imurointi tapahtui imurilla, jonka suuttimessa oli tiivis verkko. Imurin sisälle laitettiin siitepölysukka, jonka toinen pää suljettiin rautalangalla ja toinen pää laitettiin suuttimeen. Siitepölysukka laitettiin imurin sisään, jonne siitepöly imuroitiin. Kuvassa 7 Markku Salo näyttää miten imurointi tulee tehdä.

Jokaisen kloonin jälkeen työpiste ja työvälineet desinfioitiin pyyhkimällä ne kuumalla vedellä. Imurinsuutin vaihdettiin jokaisen kloonin jälkeen. Käytetty imurinsuutin laitettiin kuumaan veteen. Työn loputtua imurinsuuttimet ja siitepölysuikat pestiin kuumalla vedellä ja annettiin olla vielä pari tuntia kuumassa vedessä ennen kuivumaan laittoa.



Kuva 7. Siitepölyn imurointia.

#### 4.3 Siitepölyn pullotus ja siitepölyn määrä

Siitepölyn pullotusta varten karistamolla oli puinen teline, jossa lasipullot pysyivät hyvin pystyssä. Siitepöly pullotettiin 10 millilitran lasipulloon ja suljettiin kumisella korkilla. Tämän jälkeen pulloon kirjoitettiin etiketti, jossa luki klooninumero, työ numero ja montako päivää siitepöly oli ollut karistamolla. Siitepölyn määrää seurattiin asettamalla siitepölypullo pöydälle ja mittaamalla viivoittimella, kuinka monta senttimetriä siitepölyä pullossa oli.

#### 4.4 Kosteusmittaus

Siitepölyistä mitattiin kosteus laboratoriossa kosteusmittarilla PRECISA XM60. Kosteusmittarin luetettavuus on 0,001 g/ 0,01 %. Näytemäärän tuli olla 0,2 – 124 gramman välillä. Kuvassa 8 on kuvattuna kosteusmittari, joka suorittaa mittauksia. Vasemmalla puolella on kosteusmittari, jonka sisällä on siitepölyä analysoitavana. Oikealla puolella on tulostin, joka tulosti kuitin näytteen analysoinnin jälkeen.



Kuva 8. Kosteusmittari PRECISA XM60, jolla kosteudet mitattiin.

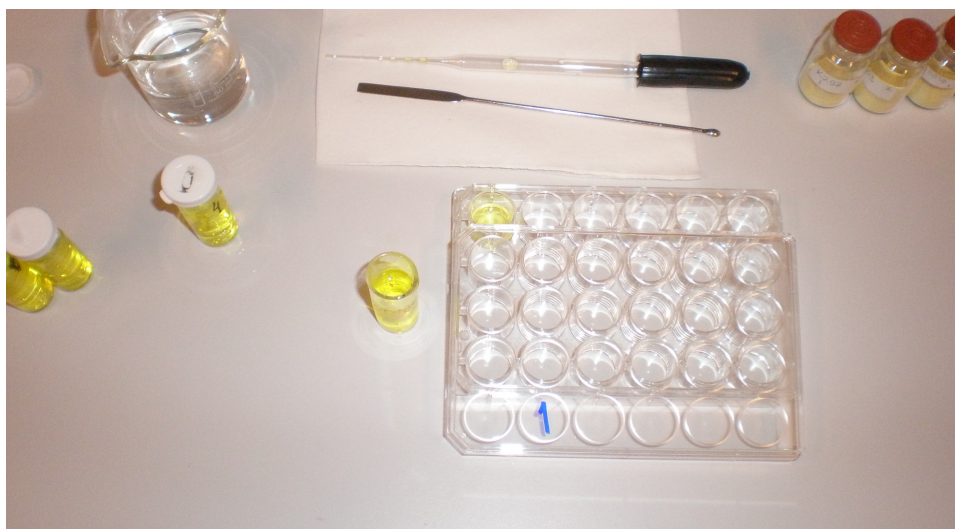
Tutkimuksessa siitepölyä punnittiin kosteusmittausta varten 0,200 grammaa näyteastialle, joka on kertakäyttöinen alumiinikuppi. Määrä on pieni, koska siitepölyn piti riittää kahteen idätykseen. Tämän jälkeen kosteusmittari laitettiin päälle, ja se laski kosteusprosentin ja tulosti tulokset kuitille. Kuitissa luki päivämäärä, kellonaika, siitepölyn paino, ennen ja jälkeen kuivatuksen, mittauksen kesto minuuteissa ja kosteusprosentti (Liite 2). Siitepölyä ei ole ennen mitattu tällä mittarilla, koska kosteusmittari on melko uusi, joten vertailuarvoja ei löytynyt.



### 4.5 Idätys ja pakastus

Siitepöly idätettiin, jotta saatiin selville siitepölyn itävyysprosentti. Idättämiseen käytettiin idätysnestettä (Liite 3), joka oli valmiiksi tehty ja pakastettu 5 millilitran ampulleihin. Idätysnesteessä on boorihappoa, kalsiumnitraattia, magnesiumsulfaattia, kaliumnitraattia, tiamiinia, riboflaviinia, askorbiinihappoa ja sakkaroosia.

Idätysalusta on muovinen lokerikko, jossa on 24 lokeroa. Pasteur-pipetillä jaettiin idätysneste lokerikkoihin siten, että kymmeneen lokerikkoon tuli saman verran idätysnestettä. Yhden kloonin siitepölyä laitettiin mittalusikalla aina yhteen lokeroon. Mittalusikka huuhdottiin 70 % etanolissa kloonien välillä, jotta hygienia säilyisi. Valmis idätysalusta vietiin jäähdyttävään inkubaattoriin, jossa sen annettiin olla kolme vuorokautta, jonka jälkeen itävyys laskettiin mikroskoopilla. Kuvassa 9 on kuvattu siitepölyn idättämiseen tarvittavat työvälineet.



Kuva 9. Idättämiseen tarvittavat välineet. Muovinen lokerikko, idätysneste, Pasteur-pipetti, mittalusikka, 70 % etanolia ja siitepölypullot.

Idätysalustasta otettiin näyte lasisauvalla kustakin kloonista lasilevyille, jonka jälkeen näytteen päälle laitettiin peitelasi, tutkittiin ja laskettiin mikroskoopilla. Otos valittiin satunnaisesti objektiivilasilta. Lasisauva desinfioitiin alkoholissa ja kuivattiin siitepölyerien välissä. Mikroskoopilla näytteitä tarkasteltiin 10-kertaisella suurennoksella. Laskenta tapahtui kahdella laskurilla, toiseen laskettiin kaikki hiukkaset ja toiseen itävät. Itäväksi laskettiin hiukkanen, jonka siiteputken pituus oli yhtä suuri tai suurempi kuin hiukkanen. Näytteen itävyysprosentti laskettiin jakamalla itäneet hiukkaset kaikkien laskettujen hiukkasten määrällä, joka kerrottiin sadalla.

Siitepölyä sisältävät lasipullot varastoitettiin Haapastensyrjän pakkasvarastossa, jonka lämpötila oli -22- 24 °C välillä. Varastointi kesti viikolle 29, jolloin siitepölyt otettiin kahdessa erässä pakkasesta ja idätettiin sekä laskettiin.

Optimaaliset olosuhteet siitepölyn kuivaamiselle ovat lajikohtaisia. Yleensä siitepöly kuivataan + 20–30 C° asteen lämpötilassa ja suhteellisen kosteuden tulisi olla 20–40 %. Kuivattu siitepöly tulisi säilyttää ilmatiiviissä astiassa, jossa ei olisi hapetta tai se olisi korvattu typellä. Säilytyspaikan lämpötilan tulisi olla – 20 C° astetta. (Webber 1994, 512.) Snyderin (1956, 113–114) mukaan varastoinnin suhteellisen kosteuden tulisi olla lähellä 14:ää %, jotta siitepölyn elinvoimaisuus säilyisi.

Kryopreservaatiossa eli syväjäädätyksessä materiaali säilytetään nestetypisäiliöissä nestemäisessä työssä, jonka lämpötila on – 196 celsiusastetta. Teoriassa syväjäädätytty materiaali pysyy muuttomattomana, koska nestemäisen tyypen alhaisen lämpötilan vuoksi soluissa ei ole elintoimintoja. Männyn siitepöly kestää syväjäädätyksen, tosin hyöty on kyseenalaista. (Ryynänen 1998, 12–13.)

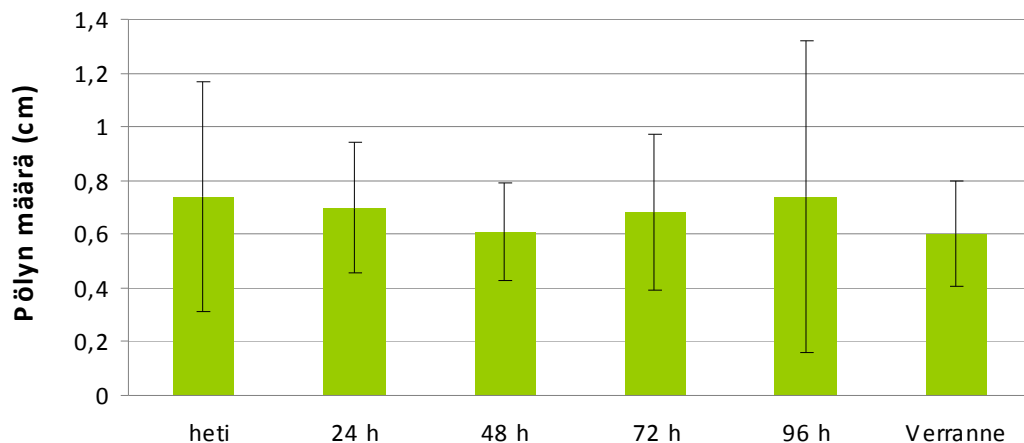
## 5 TULOKSET JA NIIDEN TARKASTELU

Ensimmäisenä tutkimuspäivänä siitepölyoksat vietiin karistamolle ja niistä imuroitiin ensimmäiset näytteet. Tämän jälkeen mitattiin siitepölyn määrä, kosteusprosentti ja laitettiin siitepöly itämään. Nämä toimenpiteet tehtiin 24, 48, 72 ja 96 tunnin jälkeen.

### 5.1 Siitepölyn määrä

Siitepölyn määrää seurattiin (Liite 4), jotta tiedettiin kuinka paljon siitepölyä imuroitiin päivittäin. Kuvassa 10 on kuvattuna vihreillä pylväillä siitepölyn määrä keskiarvoina ja keskihajontaluvut on kuvattu mustilla palkeilla. Siitepölyn määrä pullossa vaihteli klooneittain ja tutkimuspäivittäin, jotkut klooneit luovuttivat tutkimuksen alussa tai lopussa enempi siitepölyä kuin toiset.

Yhteensä siitepölyä tuli heti eli 0 tuntia 6,0 cm, 24 tunnin jälkeen 7,0 cm, 48 tunnin jälkeen 6,1 cm, 72 tunnin jälkeen 6,8 cm ja 96 tunnin jälkeen 7,2 cm. Verranteesta siitepölyä tuli yhteensä 6,0 cm. Keskihajonta oli suurin neljännen karistamovuorokauden ja pienin se oli kahden karistamovuorokauden jälkeen.



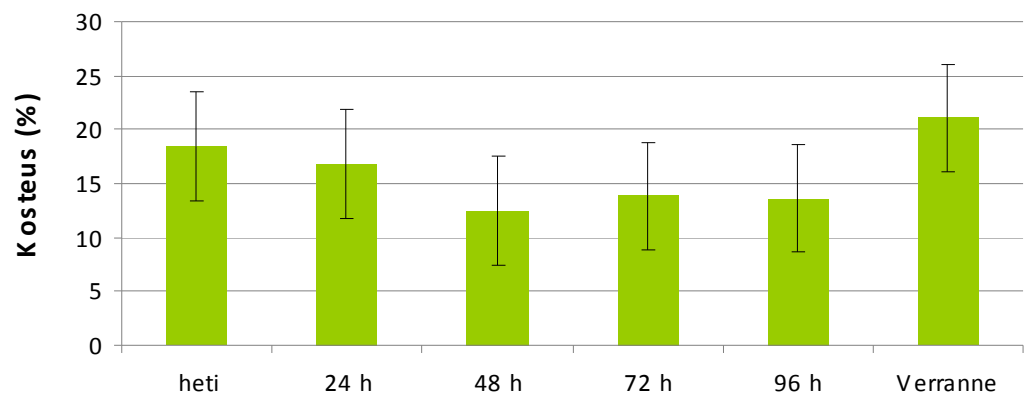
Kuva 10. Siitepölyn määrä (cm). X-akselilla on kuvattuna karistamoaika sekä verranne.

### 5.2 Siitepölyn kosteus

Siitepölyn kosteutta seurattiin mielenkiinnon vuoksi, miten karistamoaika vaikutti kosteusprosenttiin. Kaikista klooneista ei saatu joka kerta kosteuspro-

senttia, koska siitepölyä ei ollut riittävää määrää mittaamiseen. Kuvassa 11 on kuvattu siitepölyn kosteusprosentti, keskiarvo ja keskihajonta luvuista, jotka löytyvät Liitteestä 4.

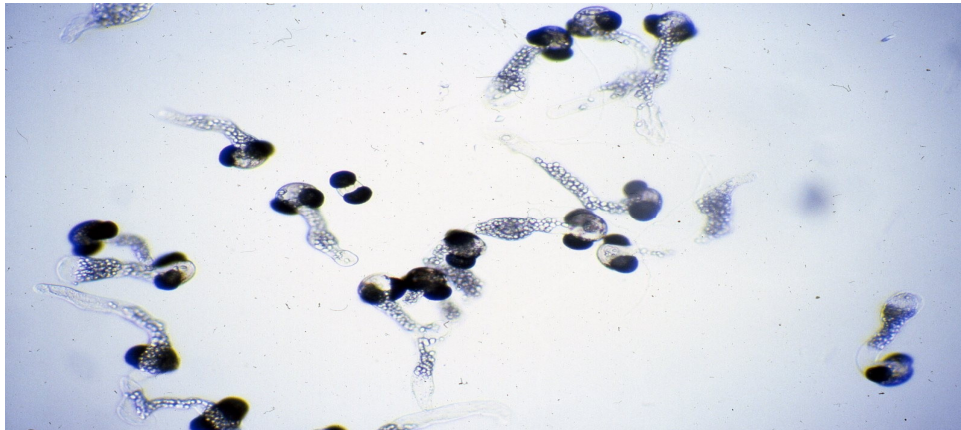
Kosteusprosentti vaihteli kuuden ja kahdenkymmenenviiden prosentin välillä, kun vertaa karistamoaikoja toisiinsa. Siitepölyn tultua heti karistamolle kosteusprosentti oli suuri ja pienin luku oli 48 tunnin jälkeen. Verranteella oli selvästi suurin kosteusprosentti. Keskihajontaluvut olivat pieniä.



Kuva 11. Siitepölyn kosteus (%). X-akselilla on kuvattuna karistamoaika ja verranne. Vihreät pylväät kuvaavat keskiarvoa ja mustat palkit puolestaan keskihajontaa.

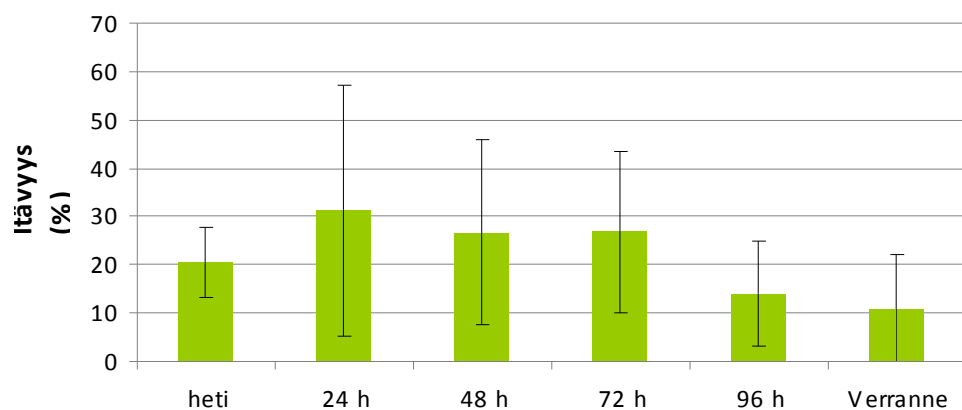
### 5.3 Siitepölyn itävyys

Siitepölyn itävyysprosentti oli suurin heti siitepölyn saavuttua karistamolle, jonka jälkeen itävyys lähti laskemaan. Kuvassa 12 on kuvattu männyn siitepölyhiukkasia. Kuvan siitepöly on itänyt hyvin, kuvan oikeassa alareunassa on itämätön hiukkanen.



Kuva 12. Männyn siitepölyhiukkasia. (suurennos noin kymmenkertainen). Kuvassa on vuoden 1991 männyn siitepölyjä. Tummat pisteet ovat ilmarakkuloita ja pitkät putket ovat siiteputkia. (Salonen, 1992.)

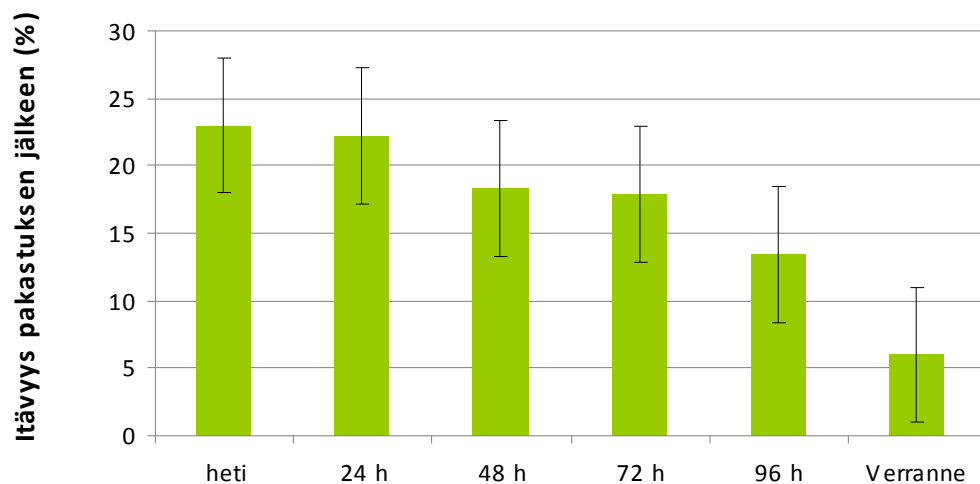
Kuvassa 13 on kuvattu siitepölyn itävyysprosentti (Liite 7). Heti imuroidun siitepölyn keskiarvoinen itävyysprosentti oli noin 20 %, mutta keskihajonta oli pienin. Siitepölyn itävyys parani 24 tunnin jälkeen 30 prosenttiin, tosin keskihajonta oli suurin. Siitepölyn itävyys laski 48 ja 72 tunnin jälkeen noin 27 itämisprosenttiin, keskihajonnat pysyivät miltei samanlaisina. Viimeinen imurointi tehtiin 96 tunnin jälkeen, jolloin siitepölyn itävyys oli laskenut 14 prosenttiin ja keskihajonta oli melko suuri. Tosin verranteen itämisprosentti oli kaikkein huonoin, vain 11 %. Keskihajonta oli suuri, tulos menee miinukselle.



Kuva 13. Siitepölyn itävyysprosentti. X-akselilla on kuvattuna karistamoaika ja verranne. Vihreillä pylväillä kuvataan keskiarvoa ja mustilla palkeilla keskihajontaa.

### 5.4 Siitepölyn itävyys varastoinnin jälkeen

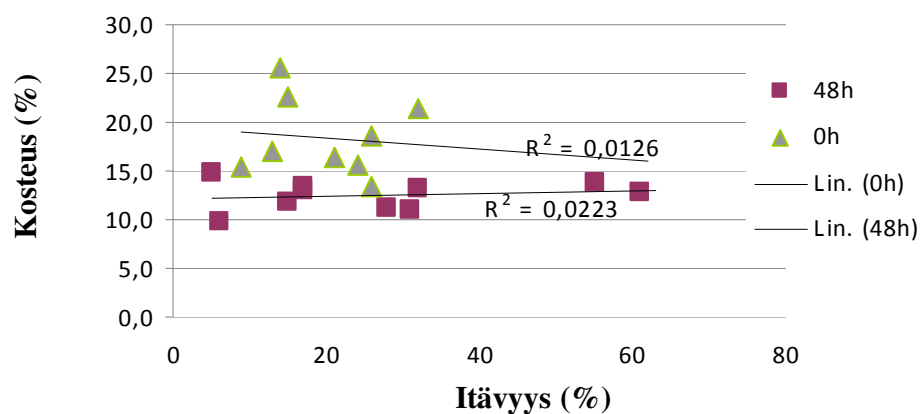
Siitepölyn itävyys varastoinnin jälkeen vaihteli 0 ja 53 prosentin välillä. Kuvassa 14 on kuvattu siitepölyn itävyysprosentti pakastuksen jälkeen. Paras keskiarvo oli 23 prosenttia, kun siitepöly imuroitiin heti. Myös keskihajonta oli suhteellisen hyvä. Siitepölyyksien oltua 24 tuntia karistamolla itävyys varastoinnin jälkeen oli 22 % ja keskihajonta hyvä. 48 karistamotunnin jälkeen siitepölyn itävyys oli laskenut 18 prosenttiin. Viimeisen karistamoajan jälkeen itävyyden keskiarvo oli 14 prosenttia. Verranteen itävyysprosentti oli 6 ja keskihajonta suuri.



Kuva 14. Siitepölyn itävyys pakastuksen jälkeen (%). X-akselilla on kuvattu karistamo-aika vuorokausissa ja verranne. Vihreät pylväävät ovat keskiarvoja ja mustat palkit ovat keskihajonnat.

### 5.5 Tulokset 48 h jälkeen

Tulokset 48 tunnin jälkeen näyttävät hyviltä, koska kosteusprosentti ja itävyysprosentti olivat hyvät. Korrelaatiokertoimen kautta on kuvattu (Kuva 15) kosteus- ja itävyysprosentit. Korrelaationkerroin kertoo laskettujen lukujen korrelaatiota. Lineaarisen riippuvuuden intensiteettiä kuvataan korrelaatiokerroimella. Korrelaatiokerrointa koskeva tilastollinen päättely vaatii, että tarkasteltavien muuttujien yhteisjakauman on kaksiulotteinen normaalijakauma. Tulosten ero ei ole merkitsevä, kun siitepölyä on varastoitu karistamolla kauemmin. Kosteusprosentti vaikuttaa männyn siitepölyn itävyyteen.



Kuva 15. Kosteus- ja itävyysprosentti 48 tunnin jälkeen. Violeteilla neliöillä on kuvattu siitepölyn itävyyttä ennen ja jälkeen pakastuksen 48 tunnin kohdalla. Vihreillä kolmioilla on kuvattu 0 tunnin itävyys ennen ja jälkeen pakastuksen.

## 6 JOHTOPÄÄTÖKSET

Tulokset osoittavat, että männyn siitepölyä ei voi säilyttää karistamalla. Siitepölyn imurointi on tehtävä silloin, kun siitepöly irtoaa. Tulokset ovat vaihtelevia; syynä lienevät kloonien väliset erot, kukinnanvaihe kokeen aloituksessa, siitepölyoksien koko (Liite 8) ja hedekukkien vaihteleva määrä oksissa. Imurointitekniikka, siitepölysukkien materiaali ja kiinnitys imuriin saattoivat aiheuttaa likaista siitepölyä. Kosteusmittausta ja idätystä häiritsi osittain likainen siitepöly. Paperipussien karistus saattoi vaikuttaa tuloksiin, koska karistus tehtiin käsin. Lisäksi imurointitekniikka – ja aika saattoivat vaikuttaa siitepölyn määrään pullossa, koska imurointiaikaa ei mitattu.

Eristysmenetelmässä paperi- ja kuitupusseja pidetään oksissa melko kauan, jolloin lämpö- ja kosteusolot pussien sisällä voivat olla haitallisia siitepölyn itävyydelle. Tämä selittäisi verranteen korkeat kosteuspitoisuudet ja puolestaan melko huonot itävyydet. Siitepölyn säilyvyyteen varastossa vaikuttaa sen kosteuspitoisuus ennen varastointia. Mitä pienempi kosteusprosentti, sitä parempi on säilyvyys. Siitepölyn elinvoimaisuus heikkenee korkeassa kosteudessa, koska kosteus lisää hiukkasten aineenvaihduntaa ja edistää epäpuhtauksien määrää. Sääolot verranteen ollessa ulkona olivat hyvät, oli kuivaa ja aurinkoista.

Siitepölyn itävyysprosentti vaihtelee yleiselläkin tasolla. Luultavasti edellinen kesä, kylmä ja luminen talvi ja kevät vaikuttavat jollakin tavalla saatuihin tuloksiin. Siitepölyn idätys on herkkä ulkoisille vaikutuksille, jotka heikentävät tulosten luotettavuutta. Vaikeaa on arvioida, oliko toistojen riittämättömyydellä merkitystä tutkimustuloksiin.

Tekijän kokemattomuus siitepölyn kanssa työskentelyn ja laboratoriotöissä on voinut vaikuttaa tutkimustuloksiin. Luultavasti olisi ollut helpompaa, jos olisi voinut ensin harjoitella idättämistä ja itämisen laskentaa ennen tutkimuksen aloittamista. Se olisi luonut varmuutta ja kenties helpottanut laboratoriotyöskentelyä.

Tulokset merkitsevät käytännössä sitä, ettei siitepölyä voi seisottaa karistamalla viikonlopun yli. Karistus on tehtävä oikeaan aikaan, muuten itävyysprosentti huononee. Näin ollen ylimääräisiä kustannuksia syntyy viikonlopputöistä. Tutkimusta kannattaisi jatkaa, koska tulokset olivat vaihtelevia ja itävyysprosentti oli melko heikko. Seuraavana keväänä tutkimustulokset saattaisivat olla aivan erilaiset.



## LÄHTEET

- Aronen, T. 1996. Genetic transformation of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 595.
- Aronen, T. 2/2002. Metsäpuiden geenitekniikka. Metsätieteen geenitekniikka. Viitattu 10.9.2010.  
<http://www.metla.fi/aikakauskirja/full/ff02/ff022131.pdf>
- Geenivarat monimuotoisuuden turvaajina. 2005.  
Viitattu 22.10.2010.  
<https://portal.mtt.fi/pls/mttdocspub/docs/F1849077678/KASVIGEENIVARAESITE.PDF>
- Haapanen, M. & Mikola, J. 2007. Metsänjalostus 2050-pitkän aikavälin metsänjalostusohjelma. Metlan työraportteja 71. Helsinki.
- Häggman, J. & Oksa, E. 1999. Metsänjalostuksen monimuotoisuus. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 753. METLA, Punkaharjun tutkimusasema.
- Jalkanen, R., Hicks, S., Aalto T. & Salminen H. Männyn siitepölytuotannon määrittäminen neulastuotannon avulla metsärajalla: väline menneen ilmaston rakentamiseen. Metsätieteen aikakauskirja. Viitattu 10.9.2010.  
<http://www.metla.fi/aikakauskirja/full/ff08/ff083237.pdf>
- Kantola, M., Leikola, M., Parviainen J. & Sipilä A. Tiedätkö metsistä, Suomessa ja Euroopassa. 2000. Karisto Oy. Hämeenlinna.
- Kinnunen, A. 1994. Männyn hedekukintojen keruun vaikutus seuraavien vuosien hedekukintaan. Metsänjalostussäätöön työraportteja. Helsinki.
- Kellomäki, S. & Peltola, H. n.d Metsäpuiden kasvu ja ilmastomuutos- männyn fysiologisia ja ekologisia vasteita kohoavaan ilman lämpenemiseen ja hiilidioksidipitoisuuteen. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 944. Viitattu 10.9.2010.  
[http://www.metla.fi/julkaisut/mt/2005/944/944\\_Luku6.pdf](http://www.metla.fi/julkaisut/mt/2005/944/944_Luku6.pdf)
- Koivunen, T. (Toim.) 2003. Tehokkaasti kasvihuoneesta. 3. korjattu painos. Gummerus Kirjapaino Oy. Jyväskylä.
- Luukkanen, O. 1969. Metsägeneettinen sanasto. (Glossary of Forest Genetics with English Index) Helsingin yliopiston metsänhoitotieteen laitos. Tiedonantoja N:o 1. Helsinki.

Mayes, D. & Heikkinen P. 2008. Mänty-pintaa ja syvemmältäkin. Puuinformaatio. Puu-lehti (2).

METLA 2010a. 23.8.2010. Metainfo-Metsäjalostus. Jalostettavat puulajit Mänty. Viitattu 24.8.2010  
<http://www.metla.fi/metinfo/jalostus/jalostus-manty.htm>

METLA 2010b. 24.6.2008. METINFO, Pohjoinen mänty- laadukas ja monikäyttöinen. Viitattu 27.8.2010  
[http://www.metla.fi/metinfo/northernpine/img\\_manty-levinneisyys.html](http://www.metla.fi/metinfo/northernpine/img_manty-levinneisyys.html)

METLA 2010c.12.3.2010. METLA Haapastensyrjä-Jalostustoiminta Viitattu 18.8.2010.  
<http://www.metla.eu/va/haapastensyrja/jalostus.htm>

METLA 2010d. 15.6.2005. METINFO, METSÄNJALOSTUS. Viitattu 18.8.2010.  
<http://www.metla.eu/metinfo/jalostus/index.htm>

METLA 2010e. 23.8.2010. METINFO, metsänjalostus, jalostettavat puulajit, Mänty, *Pinus Sylvestris*. Viitattu 2.9.2010.  
<http://www.metla.eu/metinfo/jalostus/index.htm>

METLA. 2010f. 31.5.2010. METLA, Metsäntutkimuslaitoksen strategia 2006–2010. Viitattu 19.8.2010.  
<http://www.metla.fi/netra/metla-strategia-2006-2010.htm>

METLA. 2010 g. 20.8.2009. Tutkimus- ja koetoiminta tutkimusmetsissä. Viitattu 19.8.2010.  
<http://www.metla.fi/metsat/tutkimus.htm>

METLA, 2010h. 20.8.2010. MetInfo-Metsänjalostus. Suomen metsänjalostuksen taustaa. Viitattu 14.10.2010  
<http://www.metla.fi/metinfo/jalostus/jalostus-taustaa.htm>

METLA 2010i. 2/2008. Metsäntutkimuslaitos Haapastensyrjän jalostusasema. Viitattu 18.8.2010.  
<http://www.metla.fi/metla/esitteet/yksikkoesitteet/haapastensyrja-A4-2008.pdf>

MTT. 2005. Kasvigeenivarojen säilytys. Viitattu 22.10.2010  
<https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/www/Tietopaketit/Kasvigeenivarat/Kasvigeenivarat/S%E4ilytysmenetelm%E4t>

Parantainen, A. & Pasonen H-L. 2004. Pollen-Pollen Interactions in *Pinus sylvestris*. Aerobiology Unit, Department of Biology, Section of Ecology, University of Turku, Department of Applied Biology, P.O. University of Helsinki.

Puukila, T. 5/2010. Pölyä etelästä. Metsälehti Makasiini.

Pöykkö, S. 13.9.2010. Kirjallinen tiedonanto.

Pöykkö, S. 3.11.2010. Kirjallinen tiedonanto.

Rantala, R. toim. 1993. Mitä Missä Milloin, Tietosanakirja.2.uudistettu painos. Kustannusosakeyhtiö Otava. Keuruu.

Raven, P., Evert R. & Eichhorn S. 1992. Biology of Plants. Fifth edition. Worth Publishers Inc. USA.

Ryynänen, L. 1998. Metsäpuiden geenipankki pakkasessa. Taimi-uutiset( 3). Suonenjoen tutkimusasema. Metla.

Sahramaa, M. & Hömmö, L. 2004. Geenivarat. MTT Jokioinen  
Viitattu 22.10.2010  
<http://www.smts.fi/MTP%20julkaisu%202004/esi04/ma08.pdf>

Salonen, M. 1992. Männyn siitepölyhiukkanen. Kuva 10. Metsäntutkimuslaitoksen arkisto.

Savolainen, O., Hurme, P. & Repo, T. n.d. High genetic differentiation of bud set date and frost hardiness in *Pinus sylvestris*. Väitöskirja Hurme, P. 1999. Oulu University Press A339.

Snyder, E.B. 1956. Pollen handling. Southern Institute of Forest Genetics, Southern Forest Experiment Station, Forest Service U. S. Department of Agriculture.  
Viitattu 21.10.2010.  
[www.rngr.net/publications/sftic/1957/pollen-handling/at\\_download/file](http://www.rngr.net/publications/sftic/1957/pollen-handling/at_download/file)

Somersalo, S. 1998. Siirtogeenit tulevat kasveihin. Painotalo Seiska Oy, Iisalmi.

Tahvonen, R., Kaukoranta, T. & Ylämäki, A. 15.10.2010. Ilmastonmuutos suosii omenan viljelyä. Puutarha & Kauppa-lehti (21.)  
Tyystjärvi, P. 1998. Ei kirveellä vaan geeneillä. Metsänjalostussäätiö 1947–97. Vammalan Kirjapaino Oy, Vammala.

Vanhakoski, S. 13.9.2010. Suullinen tiedonanto.

Varis, S. 2010. The role of pollen in the changing environmental conditions of Scots Pine. Finnish Society of Forest Science. Finnish Forest Research Institute. Faculty of Agriculture and Forestry of the University of Helsinki. School of Forest Sciences of the University of Eastern Finland.

Väre, H. & Kiuru H. 2006. Suomen puut ja pensaat. Metsäkustannus Oy. Karisto Oy, Hämeenlinna.

Webber, J. 1994. Pollen management for intensive seed orchard production. B.C. Ministry of Forest, Canada.

Viitattu 22.10.2010.

<http://treephys.oxfordjournals.org/content/15/7-8/507.full.pdf>

TYÖNUMEROT

Työnumero	Klooninumero
1	K297
2	K1303
3	E4039
4	E2254
5	K426
6	K872
7	E6363C
8	K588
9	K731
10	K216

KOSTEUSMITTARIN MALLIKUITTI

Date 28.05.2010 Time 11:08:04

Name : XM 60 **K231**  
Heater : Halogen / 50Hz  
Software : N50-0100 P12  
Serialno : 3300631

Method :  
Number : 1

Heat mode : Standard  
Temperature : 105 C  
Auto stop : 2/20 D/s

Original weight : + 0.214 g  
0-100% : - 11.07 %  
Residual weight : + 0.191 g

Stop : Auto stop d/s  
Duration : 1.6 Min

Last calibr. weight : 29.01.2009  
Last calibr. temp. : 28.01.2009

\*\*\*\*\* PRECISA XM 60 \*\*\*\*\*

Date 28.05.2010 Time 11:10:36

Name : XM 60 **K216**  
Heater : Halogen / 50Hz  
Software : N50-0100 P12  
Serialno : 3300631

Method :  
Number : 2

Heat mode : Standard  
Temperature : 105 C  
Auto stop : 2/20 D/s

Original weight : + 0.207 g  
0-100% : - 13.37 %  
Residual weight : + 0.179 g

Stop : Auto stop d/s  
Duration : 1.5 Min

Last calibr. weight : 29.01.2009  
Last calibr. temp. : 28.01.2009

## MÄNNYN SIITEPÖLYN IDÄTYSLIUOS

Boorihappo $H_3BO_3$	50 mg
Kalsiumnitraatti $Ca(NO_3) \cdot 4H_2O$	150 mg
Magnesiumsulfaatti $MgSO_4 \cdot 7 H_2O$	100 mg
Kaliumnitraatti, $KNO_3$	50 mg
Tiamiini	25 mg
Riboflaviini	12,5 mg
Askorbiinihappo	25 mg
 Sakkaroosi	 100 g
 pH	 5,5-6,0

Kaikki aineet liuotetaan erikseen 500 ml veteen, järjestys on listan ylhäältä alaspäin. Tämän jälkeen kaikki lisätään mittapulloon, sakkaroosi viimeisenä. Tasataan pH ja pakastetaan 5 ml ampulleissa.

Männyn siitepölyn idätysliuos on Vanhakosken mukaan muokattu Brewbakerin & Kwackin, 1963 olevasta ohjeesta. Suullinen tiedonanto tutkimusavustaja Seija Vanhakoski ja kirjallinen tiedonanto metsätalousinsinööri Sirkku Pöykkö 13.9.2010.



SIITEPÖLYN MÄÄRÄ (cm)

Klooni	0 h	24 h	48 h	72 h	96 h	Verranne
1	0,5 *	0,6	1,0	0,7	1,5	0,9
2	0,2 **	0,7	0,7	1,2	0,9	0,7
3	0,7	0,8	0,4	0,8	0,5	0,7
4	1,4	1,1	0,6	0,6	0,6	0,3
5	0,6 *	0,3	0,4	0,4	0,3	0,8
6	1,1	0,5	0,7	0,3	0,4	0,4
7	0,3	0,7	0,6	0,9	0,3	0,5
8	0,4	1,0	0,5	0,9	0,7	0,7
9	1,2	0,5	0,5	0,3	0,2 *	0,4
10	0,9	0,8	0,7	0,7	2,0	0,6

\* likaista

\*\* erittäin likaista



SIITEPÖLYN KOSTEUS (%)

Klooni	0 h	24 h	48 h	72 h	96 h	Verranne
1	13,43	16,80	11,10	8,70	7,96	25,67
2	*	23,54	13,87	12,0	11,20	28,28
3	17,04	12,52	13,03	11,89	12,01	17,35
4	21,48	18,75	12,72	19,97	16,12	19,62
5	15,50	14,67	13,17	11,07	18,01	17,59
6	25,56	20,67	9,90	14,33	12,25	23,95
7	22,52	15,18	14,88	18,05	14,13	19,28
8	16,32	14,95	11,84	22,02	13,99	20,42
9	15,70	15,74	11,07	*	*	20,07
10	18,56	15,33	13,37	6,93	16,75	18,35

\* liian pieni määrä mitattavaksi

SIITEPÖLYN ITÄVYYS (%)

Klooni	0 h	24 h	48 h	72 h	96 h	Verranne
1	26	45	28	45	33	19
2	25	54	55	8	11	4
3	13	8	17	55	5	3
4	32	53	61	38	23	8
5	9	13	32	29	18	33
6	14	9	6	4	1	4
7	15	3	5	35	19	8
8	21	77	15	11	24	2
9	24	42	31	22	2	26
10	26	9	17	21	5	2

SIITEPÖLYN ITÄVYYS VARASTOINNIN JÄLKEEN (%)

Klooni	0 h	24 h	48 h	72 h	96 h	Verranne
1	83	25	47	32	48	2
2	8	46	44	11	0	29
3	8	28	10	6	4	1
4	38	12	16	26	27	0
5	5	18	38	53	4	2
6	27	4	4	3	3	0
7	2	2	13	31	35	2
8	12	61	6	7	5	4
9	45	20	2	8	4	19
10	2	6	3	2	4	1

SIITEPÖLYOKSIEN KOKO

Klooni	Isoja (kpl)	Pieniä (kpl)
1	1	1
2	1	1
3		2
4		2
5		2
6	1	1
7		2
8		2
9	2	
10	2	